

직선회귀모형을 이용한 효율적인 차선 검출 알고리즘에 관한 연구

강민석* 정차근
호서대학교 대학원 메카트로닉스 공학과

Resuch to Lane detection Algorithm Using Regression Analysis

*Min-seok Kang, Cha-keon Cheong
Dept of Mechatronics, Hoseo University

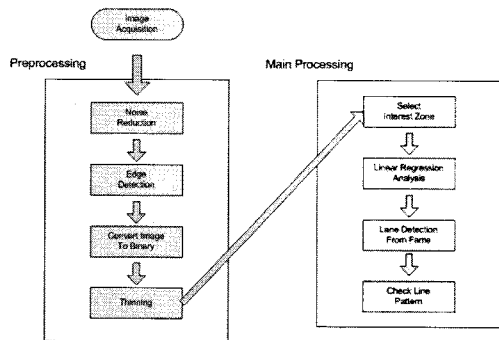
Abstract - 이 논문은 차선의 경계가 있는 도로에서 촬영된 흑백영상에서 차선에 관한 정보를 찾아 검출하는 알고리즘을 제안한다. 영상을 블록 단위로 나누고 직선회귀모형(Linear Regression Analysis)을 사용하여 기울기와 y절편(intercept)을 구한다. 검출된 에지의 위치정보를 블록을 이용하여 다음 프레임에 보내고, 다음 프레임에서 에지의 위치정보와 y절편, 기울기를 이용해 계속 추적해 가는 방법을 통하여 검출의 정확도를 높이고자 하였다.

1. 서 론

운전 보조 시스템에 관한 관심이 집중되면서 이를 구현하기 위해 필요한 절차가 차선을 인식하는 것이다. 차선을 인식함으로써 탑승자의 안전에 도움을 줄 수 있다. 직선차선검출은 호프 변환을 많이 사용한다. 호프변환은 2차원 영상 좌표에서 직선의 방정식을 파라미터 공간으로 변환하여 직선을 찾는 알고리즘이다. 호프 변환은 파라미터 공간에서 사용할 축적 배열의 크기가 크면 미세한 실수 값의 변화를 감지 할 수 있지만 프로그램의 연산 시간이 많이 걸리게 된다. 배열의 크기를 작게 잡으면, 프로그램 수행시간은 빨라지지만 정확도가 떨어지게 된다. 본 논문에서는 호프변환 대신 직선회귀모형을 사용하여 직선을 검출하였다. 하지만 직선회귀모형은 한 영상에서 한 개의 직선만 구할 수가 없다. 그래서 본 논문에서는 외각선 추적 알고리즘 및 블록을 나누어서 검출하는 방법을 사용하였다.

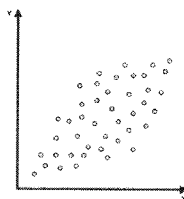
2. 본 론

2.1 전체 블록도

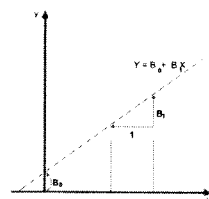


2.1.1 직선 회귀 모형

회귀분석은 두 변수 x 와 y 의 관계를 연구하고 x 로부터 y 를 예측하기 위해 사용한다. 변수 x 는 실험자에 의해 정해지는 독립변수로 간주하고, 변수 y 는 x 에 종속되고, 설명할 수 없는 변동 오차에 종속된다. <그림 1> 독립변수 x 혹은 입력변수 x 에 따른 종속변수 y 혹은 반응변수 y 의 관계를 그린 산점도이다.



<그림 1> 산점도 모형



<그림 2> $y=b_0+b_1x$ 를 나타낸 직선

이 산점도는 x 와 y 의 관계가 근사적으로 직선이라는 것을 나타낸

* 이 논문은 2008년도 교육부 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

다. x 와 y 의 관계가 정확하게 직선이라면 그 변수들은

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \tag{1}$$

에 의해 나타내어질 수 있다. 이때 β_0 는 직선의 절편을 나타내고 β_1 는 그 직선의 기울기, 즉 x 의 단위 변화량에 따른 y 의 변화량을 나타낸다. <그림 2>

직선 회귀에 대한 통계적 모형은 반응변수 (Y)는

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \tag{2}$$

$i = 1, \dots, n$. 해 설명변수 (x)와 관련되어지는 확률변수라고 가정한다. 이때,

(a) Y_i 는 설명변수 x 가 x_i 일 때의 반응치 이다.

(b) e_1, \dots, e_n 은 실제 직선관계에 부과되는 알 수 없는 오차요소들이다. 이것들은 평균이 0이고, 표준편차가 σ 인 정규분포를 따르는 확률변수이다.

(c) β_0 와 β_1 는 미지의 계수이다.

따라서, 설명변수의 값 x_i 에 대응되는 관측치 Y_i 는 평균

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i \tag{3}$$

이고 표준편차 σ 를 가지는 정규분포를 따른다. 즉, 직선에서 실제 값을 관찰한다는 것은 (3)에 확률오차 e_i 를 더한 값을 관측하는 것이다.

회귀모수 β_0 와 β_1 의 추정문제는 산점도에 직선을 적합시킴으로써 구할 수 있다. 산점도를 보면서 선을 그을 수 있으나, 이것은 주관적인 판단이다. 최소제곱법은 직선을 적합시키기 위한 객관적이고 효율적인 방법이다. 임의의 직선

$$y = b_0 + b_1 x_i \tag{4}$$

가 <그림 2>처럼 산점도에 그려진다고 가정하자. 독립변수 x_i 에서 관측된 값이 y_i 인 반면에 이 직선에 의해 예측되는 값은 $b_0 + b_1 x_i$ 이다.

관측치와 예측치의 차이는 그 선으로부터 점의 수직거리인

$$(y_i - b_0 - b_1 x_i) = d_i \tag{5}$$

이다. 모든 점에서 이런 차이를 구하면, 임의의 직선(4)로부터 관찰된 점의 차이를 전부 포함한 크기로써

$$D = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \tag{6}$$

D 의 크기는 직선을 결정하는 b_0 와 b_1 에 결정된다. 가장 적합한 것은 D 의 값이 가장 작은 것이다. 이것이 바로 최소제곱법의 원리이다.

직선모형에 대해, 최소제곱원리는 (6)을 최소화 시키는 b_0 와 b_1 을 결정한다. 이렇게 결정되어지는 b_0 와 b_1 은 $\hat{\beta}_0$ 와 $\hat{\beta}_1$ 의 최소제곱 추정량으로 부르고, 최량적합 직선은 방정식

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \tag{7}$$

로 주어진다. 최소제곱추정량에 대한 공식을 나타내기 위한 기본적인 기호 아래와 같다.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x \tag{8}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y \tag{9}$$

$$S_{xx} = \sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (10)$$

$$S_{xy} = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \quad (11)$$

\bar{x} 와 \bar{y} 는 x 와 y 의 표준평균이다. S_{xx} 와 S_{yy} 는 평균제곱편차의 합이고, S_{xy} 는 교차제곱편차의 합이다. β_0 의 최소제곱추정량은

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (12)$$

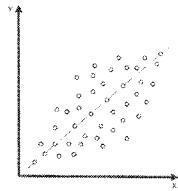
이다. β_1 의 최소제곱추정량은

$$\hat{\beta}_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (13)$$

추정량 $\hat{\beta}_0$ 와 $\hat{\beta}_1$ 은 적합한 직선을 찾는 데 사용된다. 적합한(추정된) 회귀직선은

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (14)$$

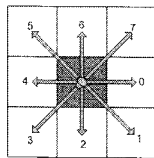
적합된(추정된) 회귀직선의 식에 따라 <그림1>의 회귀직선을 그리면 <그림3>이 된다.



<그림 3> 산점도에 추정된 회귀직선모형

2.1.2 외각선 검출 기법

외각선 검출은 객체의 외각선을 따라 이동하여 외각선 픽셀의 위치정보를 알아내는 기법을 의미한다. 외각선 검출 알고리즘을 설명하기 앞서 외각선 추적 방향은 다음과 같다.



<그림 4> 외각선 검출 기법

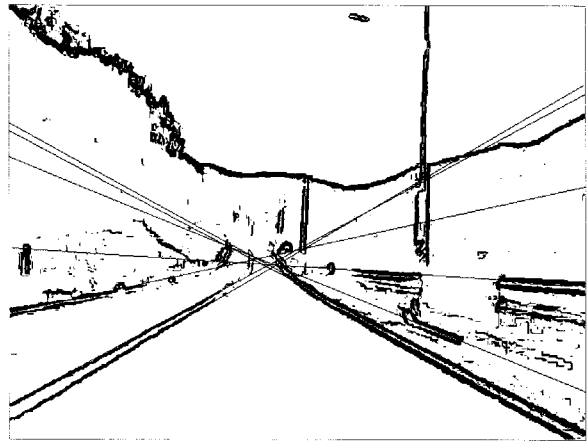
- i. 영상을 위에서 아래로, 왼쪽에서 오른쪽으로 스캔하면서 객체의 픽셀을 찾는다. 갯체 픽셀을 찾으면 이 좌표를 시작으로 외각선 추적을 시작한다. 초기 외각선 추적 진행 방향은 $d=0$ 으로 설정한다.
- ii. 외각선 추적 진행 방향에 객체 픽셀이 존재하는지 판단한다.
- iii. 만약 진행 방향에 객체 픽셀이 존재하면 해당 픽셀로 이동한다.
 - iii-i. 외각선 추적 방향을 $d = d - 2$ 로 변화시키고 2번으로 간다.
 - iii-ii. 만약 진행 방향에 객체 픽셀이 존재하지 않으면 외각선 추적 방향을 $d = d + 1$ 로 변화 시키고, 2번으로 간다.
 - iii-iii. 모든 방향에 대하여 객체 픽셀이 존재하지 않으면 1픽셀짜리 객체이므로, 외각선추적을 종료한다.
- v. 외각선 추적 중, 현재 픽셀 위치가 외각선 추적 시작 좌표가 같고, 진행 방향이 0인 경우 외각선 추적을 종료한다.

2.2 정지영상에서의 직선 검출

외각선 검출이 끝난 영상의 객체를 각각 직선회귀분석을 이용하여 회귀직선을 구한다. 이후 다음과 같은 방법에 따라 객체를 통합한다.

- i. 외각선 검출이 끝난 객체에 각각의 번호를 부여한다.
- ii. 각 객체에서 회귀검출을 하여 객체의 기울기와 y 절편을 구한다.
- iii. 각 객체의 기울기와 y 절편을 토대로 예상 직선을 구하여 예상 직선이 지나가는 블록을 체크한다.
 - iii-i. 예상 직선이 지나가는 블록에 다른 객체가 있다면 예상 직선의 객체의 기울기와 y 절편을 비교하여 오차범위 이내면 같은 직선으로 결정한다.

- iii. 더 이상 겹치는 객체가 없으면 모든 객체를 검출한 차선으로 인정하여 객체의 블록 번호와 기울기, y 절편을 저장한다.



<그림 5> 정지영상에서의 직선 검출

<그림 5>는 정지영상에서 직선을 검출한 모습을 나타낸 것이다. 통합된 객체를 토대로 다음 프레임에 각 객체의 블록 번호와 직선의 기울기, y 절편을 보내어 다음 영상에서 차선 검출에 사용한다. 5프레임동안 검출한 차선을 토대로 최종 차선을 결정하여 마킹한다.

3. 결 론 및 향후과제

본 논문은 직선회귀모형을 이용하여 차선검출의 정확도를 높이고자 하였다. 또한 여러 도로에서 차선을 정확히 검출하고자 하였다. 한 프레임에서 차선검출의 정확도를 높이는 것은 한계가 있다고 생각 되어 35 프레임 이내에 차선의 검출 정확도를 점점 높여 가려 본 알고리즘을 제시 하였다. 현재 각 영상의 정보를 통합하는 알고리즘이 부족하며, 도로의 정보를 좀 더 이용하는 부분이 여전히 미흡하다. 또한 카메라가 쉼터 입에도 불구하고 그 레이 스케일의 영상만을 사용하는 점 또한 부족한 부분이다. 이러한 미흡한 부분을 해결하고 알고리즘을 최적화 하는 것이 앞으로의 연구과제이다.

[참 고 문 헌]

- [1]Yi-Min Tsai, Yu-Lin Chang, and Liang-Gee Chen "Block-Based Vanishing Line and Vanishing Point Detection for 3D Scene Reconstruction", 2006 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems(ISPACS2006), 06, 586-589, 2006
- [2]Virgino Cantoni, Luca Lombardi, Marco Porta, Nicolas Sicard, "Vanishing Point Detection : Representation Analysis and New Approach", in the Proceedings of the 11th International Conference on Image Analysis and Processing,90-94, 2001
- [3]Joongwoong Lee, Kiyung Lee, "Extraction of Lane-Related Information Based on an EDF and Hough Transform", KSAE, 1225-6382. 48-57, 2005